INSECTES SOCIAUX

BULLETIN
DE L'UNION INTERNATIONALE
POUR
L'ÉTUDE DES INSECTES SOCIAUX

EXTRAIT

PHYSIOLOGIE ET COMPORTEMENT DE QUELQUES FOURMIS *(HYM. FORMICIDÆ)* DU SAHARA EN RAPPORT AVEC LES PRINCIPAUX FACTEURS DU CLIMAT

Par Gérard DÉLYE
(Laboratoire de Zoologie, Faculté des Sciences, Marseille.)

Volume XIV — N° 4 — 1967

MASSON & Cie, ÉDITEURS
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS (VI°)

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Insectes Sociaux, Paris.
Volume **XIV**, n° 4, pp. 323-338.

PHYSIOLOGIE ET COMPORTEMENT DE QUELQUES FOURMIS *(HYM. FORMICIDÆ)* DU SAHARA EN RAPPORT AVEC LES PRINCIPAUX FACTEURS DU CLIMAT

Par Gérard DÉLYE
(Laboratoire de Zoologie, Faculté des Sciences, Marseille.)

Le climat du Sahara est très rude. La sécheresse et les températures excessives sont les principaux facteurs qui exercent une sélection sévère sur les êtres vivants; seuls subsistent, parmi les animaux, ceux qui sont capables d'y résister ou ceux qui réussissent à s'y soustraire.

Les Fourmis constituent, avec les Coléoptères, un des groupes les plus importants et les plus constants du peuplement entomologique. Elles colonisent à peu près tous les biotopes et sont généralement actives toute l'année. Il était donc intéressant d'étudier leurs relations avec le milieu physique, et de rechercher les caractères physiologiques et éthologiques qui leur permettent de prospérer au désert. C'est principalement au laboratoire du C. N. R. S. à Béni-Abbès (département de la Saoura, Algérie) que j'ai pu obtenir les résultats qui font l'objet de cette note.

1° Le climat.

Les données de la météorologie classique sont insuffisantes pour préciser les conditions physiques dans lesquelles vivent les insectes. La température et l'humidité relative à la surface du sol au soleil, par exemple, sont très différentes de celles qui sont enregistrées dans l'abri météorologique. Les microclimats dans lesquels évoluent les fourmis devront donc faire l'objet d'études particulières.

a) **Dans le nid.** — A 50 centimètres de profondeur, quelle que soit la nature du sol (sableuse ou argileuse), l'humidité relative de l'atmosphère des galeries est voisine de la saturation. (Les fourmis ne nichent que dans les parties les plus humides des différents biotopes, là où arrivent à croître quelques plantes vivaces.)

A cette profondeur, la température est modérée. La variation thermique diurne est pratiquement nulle, et si la variation annuelle est encore importante, les températures extrêmes restent très supportables (15 et 38 degrés environ).

b) **A la surface du sol.** — A la surface du sol et dans les premiers centimètres au-dessus règne un climat hyper-désertique. La sécheresse de l'air est considérable (humidité relative souvent inférieure à 10 %); elle n'est pas atténuée, comme en pays tempéré, par l'évaporation à partir du sol : ce dernier est presque constamment sec en surface. On compte en moyenne 14 jours de pluie par an à Béni-Abbès, mais 2 jours seulement où la quantité d'eau tombée (hauteur supérieure à 5 millimètres) est suffisante pour mouiller le sol sur plusieurs centimètres.

L'atmosphère, très pure, est perméable aux radiations. Pendant le jour la majeure partie du rayonnement solaire atteint le sol dont la surface s'échauffe beaucoup. Dès le coucher du soleil, par contre, le refroidissement est rapide.

Les fourmis passent la plus grande partie de leur vie dans le nid, échappant ainsi au climat désertique. Mais elles sont toutes obligées de se ravitailler au dehors. Il n'existe pas d'espèces hypogées dans les biotopes secs. Elles sont ainsi, surtout les espèces diurnes qui sont la majorité, soumises pendant la durée de leurs sorties aux conditions très dures qui règnent au niveau du sol. (Seules y échappent plus ou moins les deux espèces arboricoles du genre *Crematogaster*.)

2° *Espèces étudiées.*

L'étude écologique des biotopes désertiques de la région de Béni-Abbès montre que les espèces capables d'y prospérer sont peu nombreuses; j'ai pu en recenser 13 dont la constance élevée indique une bonne adaptation au milieu (Délye, 1967).

Il y a sept espèces de Myrmicidæ :

Messor arenarius (Fabricius).
M. caviceps Forel.
M. ægyptiacus (Emery).
Crematogaster inermis Mayr.
C. ægyptiacus Mayr.
Monomorium salomonis (Linné).
M. chobauti (Emery).

et six espèces de Formicidæ :

Acantholepis frauenfeldi (Mayr).
Camponotus thoracicus (Fabricius).
Cataglyphis emmæ (Forel).
C. albicans (Roger).
C. lucasi (Emery).
C. bombycina (Roger).

J'ai étudié chez ces fourmis quelques aspects de la physiologie de l'eau et du comportement vis-à-vis de la température. A titre de comparaison j'ai également étudié cinq espèces provençales, systématiquement voisines des espèces sahariennes, et vivant dans les biotopes les plus secs des environs de Marseille (Massifs de Saint-Cyr et de Marseille-Veyre). Ce sont :

Messor barbarus (Linné).
Crematogaster scutellaris (Olivier).
Pheidole pallidula (Nylander).
Camponotus sylvaticus Olivier.
Cataglyphis cursor (Fonscolombe).

3° *Le problème de l'eau.*

Edney, dans sa mise au point : « The water relations of the terrestrial arthropods », établit ainsi le bilan de l'eau :

a) Gains :

1° ingestion directe d'eau;
2° eau d'imbibition des aliments;
3° production d'eau métabolique;
4° absorption à travers le tégument pour quelques espèces.

b) Pertes :

1° excrétion et sécrétion;
2° transpiration.

Bien que leur petite taille et leur vie sociale rendent malaisée l'étude de leur physiologie, j'ai tenté une évaluation quantitative des éléments de ce bilan chez les fourmis.

a) **Gains.** — 1° L'eau peut être absorbée à l'état libre. La pluie et la rosée sont très exceptionnelles, mais il est possible que des condensations se produisent près de l'entrée du nid. L'air des galeries, à quelques décimètres de profondeur, est tiède et saturé d'humidité. Il peut circuler et entrer en contact près de la surface avec un sol relativement froid (en fin de nuit). Les fourmis sont capables de lécher les grains de sable humides pour en récupérer l'eau.

2° C'est surtout avec leurs aliments que les fourmis ingèrent de l'eau. Les espèces carnivores ou lécheuses d'Homoptères ont une nourriture très aqueuse. Pour les espèces moissonneuses, l'approvisionnement est moins abondant, mais appréciable cependant. Elles récoltent parfois des morceaux de tige et des graines vertes. Mais le plus souvent, elles transportent des graines mûres qui sont stockées dans le nid avant d'être consommées. Les greniers ont une atmosphère très humide, et les graines absorbent de la vapeur d'eau.

Trois lots de graines (conservées à 20 % d'humidité relative au laboratoire) ont été exposées pendant 48 heures à 90 % d'humidité relative. Les teneurs en eau sont :

	à 20 % H.R.	Après 24 h à 90 % H.R.
Orge	7,5 %	17 %
Blé	8 %	15 %
Hyoscyamus	8,5 %	20 %

3° L'eau métabolique peut constituer la seule ressource pour certains insectes se nourrissant de denrées pratiquement sèches : *Tribolium, Dermestes, Ephestia* (Fraenkel et Blewett, 1944). Les fourmis consomment surtout des protides ou des glucides dont l'oxydation fournit relativement peu d'eau : 100 grammes d'orge perlé sec donnent 54 grammes d'eau par oxydation; 100 grammes d'orge ayant absorbé 20 % d'eau pour avoir séjourné dans un grenier de *Messor* fourniront finalement 63 grammes d'eau, ce qui n'est pas négligeable.

4° L'absorption d'eau à travers le tégument n'est pas possible chez les fourmis. Elles se déshydratent dès que l'atmosphère n'est pas saturée d'humidité. Elles sont incapables, en atmosphère saturée, de retrouver leur poids initial après une déshydratation légère.

b) **Pertes.** — 1° L'excrétion consomme généralement très peu d'eau chez les insectes.

La sécrétion de salive n'est pas appréciable.

Celle du venin peut être considérable chez quelques Formicidæ *(Camponotus thoracicus* notamment). Mais son évacuation ne se fait que rarement et sous l'effet de violentes excitations.

L'ensemble de ces pertes est normalement minime. Des ouvrières de *Messor ægyptiacus, Cataglyphis bombycina* et *Camponotus thoracicus* conservées en atmosphère pratiquement saturée (99,5 % d'humidité relative, au-dessus d'une solution sursaturée de sulfate de potassium) à 30 degrés pendant 24 heures ne perdent que 1 à 4 % de leur poids. Les pertes subies par les témoins exposés dans les mêmes conditions (fourmis tuées, ou fourmis dont la bouche et la région cloacale ont été vaselinées) ne sont pas significativement différentes.

2° La perte d'eau par transpiration est beaucoup plus importante. Elle affecte les insectes dès que l'atmosphère n'est pas saturée d'humidité.

Son étude détaillée est compliquée par le grand nombre de facteurs qui entrent en jeu. Dans le cadre des rapports des fourmis avec leur milieu, je me suis provisoirement limité à deux points :

1° la détermination de la perte d'eau la plus élevée supportée sans dommage;

2° l'étude de la transpiration en fonction de la température.

Méthode. — L'excrétion et la sécrétion étant négligeables pendant un temps assez court, la perte d'eau par transpiration correspond à la perte de poids mesurée chez les insectes en expérience.

Ceux-ci sont placés dans des tubes de verre, larges et courts, fermés par une toile métallique. Les tubes sont exposés en exsiccateur à des atmosphères dont l'humidité est entretenue par des solutions salines sursaturées ou de l'acide sulfurique concentré. L'humidité est contrôlée à l'aide de petits hygromètres à cheveux, régulièrement étalonnés, placés dans l'exsiccateur. 5 à 8 minutes après l'introduction d'un tube de fourmis, l'humidité relative a repris sa valeur d'équilibre. A condition que les insectes y soient largement étalés, le tube n'influence pas la vitesse de déshydratation. La température a été contrôlée dans les exsiccateurs ou dans l'étuve qui les contenait.

J'ai utilisé des lots de fourmis de 100 milligrammes environ, ce qui représente 100 à 200 ouvrières pour les petites espèces et 4 ou 5 pour les plus grosses.

Chaque expérience a été faite sur 4 lots de fourmis au minimum; les chiffres retenus sont les moyennes.

Cette méthode simple est évidemment critiquable (BEAMENT, 1958). Mais c'est celle qu'ont utilisée la plupart des auteurs, et des comparaisons directes avec les résultats maintenant classiques, obtenus sur *Blatella*, *Rhodnius* et *Tenebrio*, sont possibles.

PERTE D'EAU TOLÉRABLE. — Des ouvrières vivantes sont exposées à différentes humidités relatives et à différentes températures. Leur mort est plus ou moins rapide suivant les conditions d'expérience. Elle se produit toujours quand la perte d'eau a atteint environ un tiers du poids initial des insectes.

ESPÈCES	PERTE D'EAU A LA MORT (%)	TENEUR EN EAU DES OUVRIÈRES TESTÉES (%)
Messor ægyptiacus	31	64
Monomorium salomonis	33,5	68
Acantholepis frauenfeldi	30	73
Cataglyphis bombycina	37	74
Camponotus thoracicus	33,5	63
Moyennes	33	68,5

Les fourmis succombent à la perte d'à peu près la moitié de leur eau, ce qui paraît normal chez les insectes (BURSELL, LUDWIG, *in* ROCKSTEIN, 1964).

Il convient de remarquer que le pourcentage indiqué correspond à une teneur en eau brute : le jabot des ouvrières contient un volume de liquide qui peut être considérable, et qu'elles conservent longtemps, même si on les soumet au jeûne. Pour connaître la teneur en eau réelle des tissus des ouvrières, il faudrait éliminer le contenu du tube digestif. Il faudrait aussi tenir compte des réserves graisseuses, souvent abon-

dantes. (J'ai pu, par la méthode d'extraction de KUMAGAWA, obtenir 9 à 10 % de lipides chez des Myrmicidæ et 13 à 19 % chez des Formicidæ).

PERTES PAR TRANSPIRATION. — Les mesures ont été faites sur des ouvrières asphyxiées à l'acétate d'éthyle; j'ai pu m'assurer que leurs pertes étaient les mêmes que celles des insectes vivants. J'ai ainsi évité l'augmentation de la perte d'eau causée par le blocage des stigmates en position ouverte lorsque la température est suffisamment élevée. Les cadavres ont leurs stigmates fermés de façon étanche, comme ceux des ouvrières faiblement actives aux températures moyennes (DÉLYE, 1965).

Chez tous les insectes, la perte d'eau est sensiblement proportionnelle au temps d'exposition et au déficit de saturation, si la température est peu élevée et si la déshydratation n'est pas trop brutale. Au-delà d'une température critique, les propriétés des lipides de l'épicuticule sont modifiées et la perméabilité du tégument augmente plus ou moins brusquement.

J'ai étudié les pertes par transpiration aux différentes températures auxquelles peuvent être exposées les fourmis : 25 à 60 degrés centigrades. A 25 degrés toutes les espèces sont actives. La température de 60 degrés, courante à la surface du sol au soleil, en saison chaude, leur est presque instantanément mortelle.

Toutes les mesures ont été faites en air complètement désséché par de l'acide sulfurique concentré.

J'ai choisi pour chaque espèce un temps d'exposition tel qu'à 60° C la perte d'eau soit comprise entre 50 et 60 % (donc proche du dessèchement total), afin d'obtenir la perte la plus élevée possible aux températures où les fourmis sont normalement actives (1 heure à 3 heures suivant les espèces).

J'ai ainsi pu construire, pour 12 des espèces qui constituent l'essentiel du peuplement de la région de Béni-Abbès, la courbe des pertes d'eau en fonction de la température (1). J'ai construit également ces courbes pour les 5 espèces de référence.

Ces courbes ont toutes la même allure générale : elles sont assez nettement divisées en deux parties : dans la première, les pertes augmentent lentement en fonction de la température. Une inflexion correspond à la température critique des cires de la cuticule. Aux températures supérieures, l'accroissement de la perte d'eau devient considérable (fig. 1, courbe A).

En portant sur le graphique les valeurs du rapport perte d'eau sur déficit de saturation, en fonction de la température, l'inflexion est encore plus nette : la courbe se compose de 2 segments de droites. Le premier, aux températures modérées, est sensiblement horizontal, ce

(1) Je n'ai pas pu me procurer assez d'ouvrières de *Cataglyphis lucasi* pour obtenir des résultats valables; les réactions de cette espèce semblent voisines de celles de *C. albicans*.

qui confirme que la perte d'eau ne dépend alors que du déficit de saturation.

Au-delà de la température critique, le rapport augmente très rapidement en même temps que la température (fig. 1, courbe B).

J'ai rassemblé dans un tableau les valeurs de la perte d'eau pour les températures de 30, 40, 50 et 60 degrés, exprimées en pourcentage du poids initial. Pour faciliter les comparaisons entre espèces de tailles très différentes, je les ai également exprimées en fonction de la surface du corps

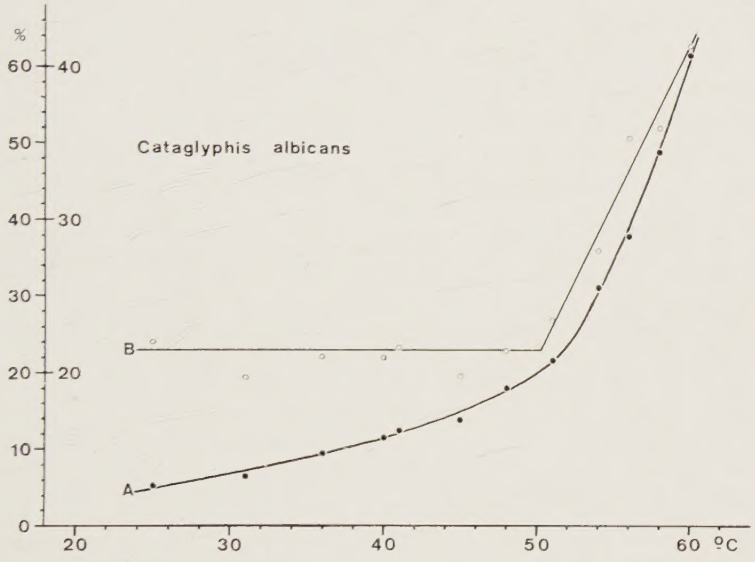


FIG. 1. — Transpiration, en fonction de la température, des ouvrières de *Cataglyphis albicans* exposées 1 h 30 en air sec.

Courbe A : perte de poids, en pourcentage du poids initial (ordonnées, échelle de gauche).

Courbe B : variation du rapport perte de poids sur déficit de saturation (ordonnées, échelle de droite).

Il est évidemment difficile d'évaluer avec précision la surface des insectes : elle est donnée en fonction du poids par la formule $S = K P^{\frac{2}{3}}$, où S est la surface en millimètres carrés, P le poids en milligrammes, K une constante qui varie suivant la forme de l'insecte et doit être déterminée expérimentalement (WIGGLESWORTH, 1945).

J'ai déterminé K sur de grosses ouvrières de *Camponotus thoracicus* par deux méthodes :

1° Par mesure directe en étalant sur du papier millimétré les différentes pièces de la cuticule. J'ai obtenu ainsi K = 8.

2° En décomposant une fourmi en éléments géométriques dont il est possible de calculer la surface, j'ai obtenu K = 7.

J'ai adopté la valeur moyenne 7,5.

TABLEAU I

ESPÈCES	1 POIDS MOYEN (mg)	2 SURFACE (cm^2)	3 PERTE D'EAU EN AIR SEC (% par heure)				4 PERTE D'EAU (mg/cm^2/heure) EN AIR SEC			
			30° C	40° C	50° C	60° C	30° C	40° C	50° C	60° C
Messor arenarius	12,0	0,393	3,0	4,1	7,5	18,0	0,92	1,26	2,31	5,52
Messor caviceps	4,2	0,195	2,3	5,0	10,0	19,0	0,48	1,05	2,10	4,00
Messor ægyptiacus	6,0	0,248	3,4	6,5	16,0	39,0	0,82	1,56	3,84	9,35
Messor barbarus	*14,7*	*0,450*	*6,4*	*11,0*	*18,0*	*43,0*	*2,09*	*3,60*	*5,87*	*14,30*
Monomorium salomonis	1,0	0,075	2,6	5,5	10,0	24,0	0,35	0,73	1,33	3,20
Monomorium chobauti	0,9	0,070	4,6	7,7	17,6	48,0	0,59	0,99	2,26	6,17
Pheidole pallidula	*0,4*	*0,041*	*8,1*	*20,8*	*34,0*	*68,2*	*0,81*	*2,08*	*3,40*	*6,82*
Acantholepis frauenfeldi	0,7	0,059	4,0	7,5	15,0	30,0	0,45	0,88	1,78	3,56
Crematogaster inermis	1,3	0,089	3,6	7,5	18,0	37,0	0,53	1,09	2,63	5,40
Crematogaster ægyptiacus	1,6	0,103	2,7	7,3	16,3	36,3	0,43	1,17	2,45	5,80
Crematogaster scutellaris	*2,7*	*0,145*	*2,7*	*4,6*	*10,0*	*26,7*	*0,50*	*0,85*	*1,36*	*5,00*
Camponotus thoracicus	26,0	0,658	1,3	2,5	6,3	16,0	0,51	0,98	2,48	6,30
Camponotus sylvaticus	*24,0*	*0,623*	*3,0*	*6,4*	*12,7*	*26,7*	*1,16*	*2,48*	*4,92*	*10,15*
Cataglyphis emmæ	3,2	0,163	4,7	7,3	13,0	40,0	0,94	1,46	2,60	8,00
Cataglyphis albicans	3,2	0,163	4,7	7,3	13,0	40,0	0,94	1,46	2,60	8,00
Cataglyphis bombycina	12,0	0,393	2,0	4,7	10,3	26,7	0,62	1,44	3,18	8,21
Cataglyphis cursor	*5,5*	*0,234*	*6,7*	*14,0*	*22,7*	*47,3*	*1,60*	*2,58*	*5,45*	*11,80*

Cette méthode néglige les sculptures et replis de la cuticule, mais, surtout en air calme, cette surface « brute » correspond mieux que la surface réelle à la surface d'évaporation.

Il est bien évident que chez toutes les fourmis le rapport qui existe entre la surface et le poids n'est pas exactement le même, mais les différences de perméabilité entre les espèces sont telles que l'approximation est suffisante.

Les différences de perméabilité entre les espèces sahariennes et les espèces de référence sont très nettes.

A 40 degrés, par exemple, les fourmis de Béni-Abbès perdent entre 0,73 et 1,56 milligramme d'eau par centimètre carré et par heure.

Les fourmis provençales perdent entre 2,08 et 3,60 milligrammes dans les mêmes conditions.

Une seule espèce fait exception : *Crematogaster scutellaris* des environs de Marseille qui ne perd que 0,85 milligramme d'eau par centimètre carré et par heure à 40 degrés. La perméabilité de son tégument est ainsi tout à fait comparable à celle des espèces sahariennes. Cette espèce creuse généralement son nid dans le bois mort, matériau qui est susceptible de se dessécher considérablement; il lui arrive certainement d'être soumise à des conditions hygrométriques peu favorables, à l'intérieur même de ses galeries.

Cette exception confirme la relation qui existe entre la sécheresse de l'habitat et l'imperméabilité de la cuticule.

On remarquera que les espèces dont la cuticule est très imperméable sont pour la plupart de petite taille (*Monomorium, Acantholepis*). *Camponotus thoracicus* est la seule grande espèce à montrer une imperméabilité comparable.

Mais les petites espèces sont défavorisées par leur rapport surface sur volume élevé. Et finalement leur perte d'eau par rapport au poids initial est du même ordre de grandeur que celle des grosses espèces.

Ainsi, *Monomorium salomonis* (poids : 1 milligramme) perd 0,73 milligramme par centimètre carré et par heure à 40 degrés, ce qui correspond à une perte de 5,5 % du poids initial par heure, et à une survie d'environ 6 heures en air sec.

Messor arenarius (poids : 12 milligrammes) perd 1,26 milligramme par centimètre carré et par heure dans les mêmes conditions. Sa perte de poids est de 4,1 % par heure et sa survie est d'un peu plus de 7 heures.

A partir des courbes représentant les variations du rapport perte d'eau sur déficit de saturation, en fonction de la température, j'ai pu obtenir, à plus ou moins un degré près, la « température critique » du tégument.

Ces températures critiques ne montrent pas un rapport très net avec l'habitat. Les fourmis européennes ont des températures du même ordre de grandeur que celles des fourmis sahariennes.

Espèces	Températures critiques
Messor arenarius	55
Messor caviceps	54
Messor ægyptiacus	46
Messor barbarus	50
Crematogaster inermis	45
Crematogaster ægyptiacus	45
Crematogaster scutellaris	42
Monomorium salomonis	52
Monomorium chobauti	45
Pheidole pallidula	43
Acantholepis frauenfeldi	60
Camponotus thoracicus	44
Camponotus sylvaticus	46
Cataglyphis emma	50
Cataglyphis albicans	50
Cataglyphis bombycina	49
Cataglyphis cursor	48

Parmi ces dernières, on remarquera quelques espèces à température critique basse : *Messor ægyptiacus* et *Monomorium chobauti*. Ces fourmis moissonneuses ne s'exposent jamais à des températures dépassant 42 degrés.

Les *Crematogaster*, plus ou moins strictement arboricoles, échappent aux très hautes températures qui règnent au sol.

Camponotus thoracicus est strictement nocturne.

Les autres espèces ont des températures critiques voisines de leurs températures léthales supérieures, donc sans grande importance pratique.

4° *La température.*

Si, dans la profondeur du sol, la température est modérée et peu variable, il n'en est pas de même à sa surface. La variation thermique diurne peut y atteindre 40 degrés à la fin du printemps. Les minima sont inférieurs à 0 degré en janvier, les maxima peuvent atteindre 70 degrés en été.

Presque toutes les fourmis sahariennes sont diurnes et sortent en toutes saisons. Elles ne quittent pas le nid par temps froid, et ne s'exposent pas aux basses températures. Mais à cause de la rapidité de l'échauffement du sol (6 à 8 degrés par heure entre le lever du soleil et 11 heures, en mai) elles risquent d'avoir au cours de leurs sorties des températures très élevées à supporter.

J'ai déterminé les températures entre lesquelles l'activité des ouvrières est normale et les températures les plus élevées qu'elles sont capables d'endurer.

L'acclimatation joue un rôle important dans les réactions vis-à-vis de la température : fin mars, *Messor ægyptiacus* organise ses colonnes de récoltes dès que la température au sol atteint 9 à 10 degrés. Exposée à 50 degrés, elle meurt en 7 minutes. En juin, elle n'a une activité organisée qu'à partir de 14 degrés, mais elle résiste 20 minutes à 50 degrés.

En expérimentant sur des fourmis fraîchement capturées, entre le 15 avril et le 15 mai (températures moyennes : 22,3 degrés en avril, 26,1 degrés en mai) ou en octobre (moyenne 23,4 degrés), j'ai obtenu des résultats qui permettent de comparer entre elles les espèces sahariennes.

Les espèces provençales ont été testées en juillet (moyenne 22,5 degrés et août 22,6 degrés) afin de pouvoir être comparées aux espèces de Béni-Abbès.

a) **Activité et température.** — J'ai utilisé la méthode de CHAPMAN (1926) : observation du comportement d'insectes soumis à des températures croissantes.

Les fourmis sont placées par groupes de 10 dans des bocaux de 500 centimètres cubes, garnis de sable sur 3 centimètres d'épaisseur, et qui ont été réfrigérés à 5 degrés.

Ces bocaux, placés dans une étuve, sont réchauffés lentement (15 degrés par heure environ) et aussi régulièrement que possible. Dans ces conditions, l'air, le sable et les parois de verre sont sensiblement à la même température, que l'on peut considérer comme étant également celle des insectes testés.

Des essais en atmosphère sèche ou saturée n'ayant pas donné de différences significatives, j'ai opéré, pour plus de simplicité, sans contrôle de l'humidité atmosphérique.

J'ai utilisé 6 températures repères :

a) Premiers mouvements.

b) La moitié des fourmis se tiennent sur leurs pattes.

c) La moitié des fourmis se déplacent normalement.

d) Début d'hyperactivité.

e) La moitié des fourmis sont incapables de se déplacer.

f) Torpeur de la moitié des fourmis.

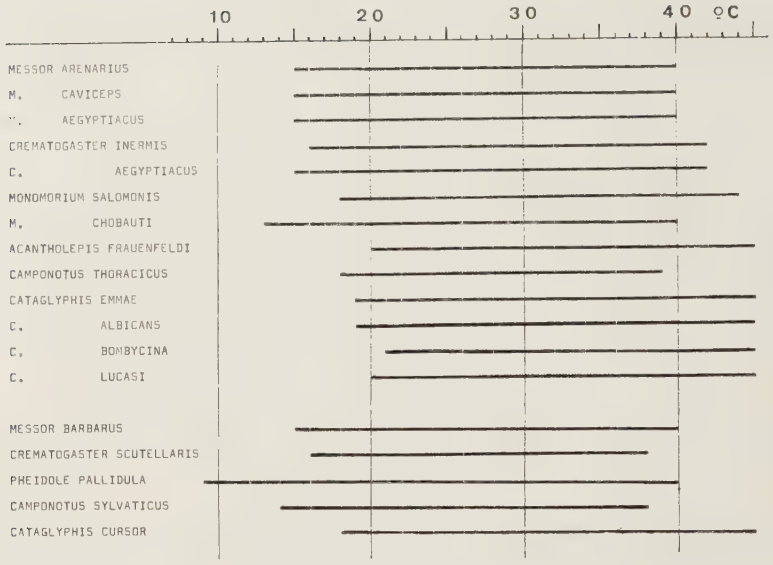
Chaque résultat est la moyenne des mesures faites sur plusieurs groupes de fourmis provenant d'au moins 2 nids différents.

Les températures *c)* et *d)* sont les limites entre lesquelles l'activité des ouvrières est normale.

L'observation de plusieurs espèces sur le terrain et la mesure des températures m'ont permis de confirmer les résultats obtenus au laboratoire.

Ceux-ci sont rassemblés dans le tableau II : pour chaque espèce, le trait représente la zone thermique d'activité normale, son extrémité gauche correspond à la température *c)*, son extrémité droite à la température *d)*.

Tableau II



La différence entre les températures *c)* et *d)* est de 25 à 27 degrés pour la majorité des fourmis. Les espèces d'un même genre, sahariennes ou provençales, ont des exigences thermiques presque identiques. Seul *Crematogaster scutellaris* se distingue nettement de ses congénères africains.

Les genres *Acantholepis* et *Cataglyphis* (ce dernier particulièrement bien représenté au Sahara) sont composés d'espèces très thermophiles. Les *Messor*, dont les besoins thermiques sont beaucoup plus faibles, vivent dans les mêmes biotopes; mais leur comportement, et en particulier le rythme des sorties, est bien différent.

Camponotus thoracicus est relativement sténotherme : c'est la seule espèce qui soit strictement nocturne.

b) **Températures léthales supérieures.** — Le dispositif est le même que celui utilisé pour l'étude de la perméabilité du tégument. Les fourmis sont exposées en air desséché par de l'acide sulfurique : la survie aux températures élevées est en effet influencée par l'humidité relative de l'ambiance.

Comme il est difficile de définir une température léthale, j'ai préféré mesurer les temps de survie à différentes températures.

Je n'ai pas testé les ouvrières au-delà d'une heure; les sorties, par temps chaud, ne durent jamais aussi longtemps. La perte d'eau est ainsi assez faible pour qu'on ait la certitude qu'elle n'a pas causé la mort des insectes.

J'ai pu m'assurer qu'en 10 minutes environ, la température interne des plus grosses ouvrières (major de *Camponotus thoracicus*) avait

atteint une valeur d'équilibre un peu inférieure à celle de l'air ambiant. Pour les petites espèces chez qui je n'ai pas pu faire de mesures, l'équilibre est évidemment atteint plus rapidement. Je n'ai donc tenu compte que des temps de survie supérieurs ou égaux à 10 minutes.

Les mesures sont faites sur des groupes de fourmis provenant de deux nids différents et fraîchement capturées. Les temps notés correspondent à l'arrêt de tout mouvement chez les sujets.

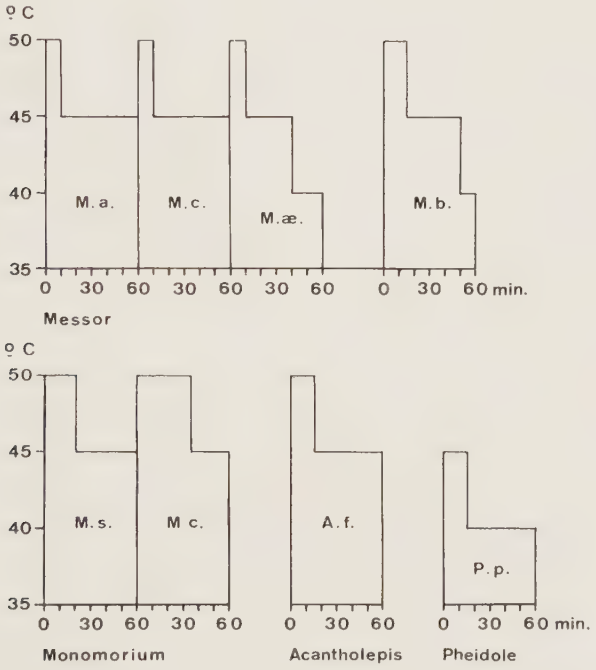


Fig. 2. — Temps de survie des ouvrières à différentes températures, en air sec.
Genre *Messor* : M.a. = *M. arenarius*; M.c. = *M. caviceps*; M.æ. = *M. ægyptiacus*; M.b. = *M. barbarus*.
Genre *Monomorium* : M.s. = *M. salomonis*; M.c. = *M. chobauti*.
Genre *Acantholepis* : A.f. = *A. frauenfeldi*.
Genre *Pheidole* : P.p. = *P. pallidula*.

Les résultats sont présentés sous forme de graphiques : l'axe des abscisses porte des divisions correspondant à 10 minutes de survie; les températures utilisées, de 5 en 5 degrés, sont indiquées sur l'axe des ordonnées (fig. 2 et 3).

Pour les températures léthales comme pour les températures d'activité, les différences entre espèces d'un même genre mais de provenance différente sont faibles, pour les *Messor* et les *Cataglyphis*.

Elles sont plus importantes pour les *Camponotus* et *Crematogaster* chez qui les espèces sahariennes ont une meilleure résistance à la chaleur.

Bien que très élevées pour quelques espèces, les températures léthales

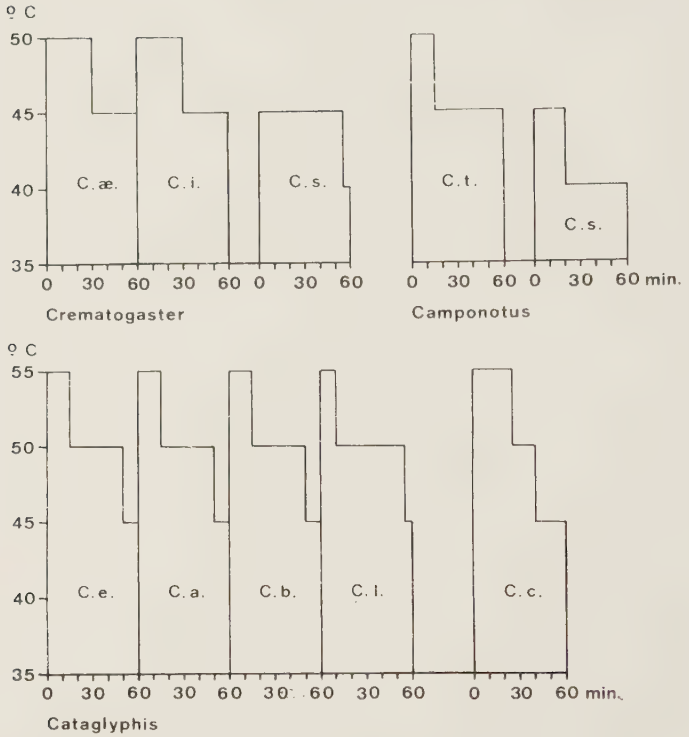


Fig. 3. — Temps de survie des ouvrières à différentes températures, en air sec.
Genre *Crematogaster :* C.æ. = *C. ægyptiacus*; C.i. = *C. inermis*; C.s. = *C. scutellaris.*
Genre *Camponotus :* C.t. = *C. thoracicus;* C.s. = *C. sylvaticus.*
Genre *Cataglyphis :* C.e. = *C. emmæ*; C.a. = *C. albicans*; C.b. = *C. bombycina*; C.l. = *C. lucasi*; C.c. = *C. cursor.*

restent largement inférieures à la température de la surface du sol en été. (Celle-ci peut dépasser 55 degrés plusieurs heures par jour pendant 4 à 5 mois.)

Même si la température de l'air à quelques millimètres au-dessus du sol n'est pas aussi élevée, surtout lorsqu'il y a un peu de vent, toutes les espèces devront sous peine de mort rapide s'abriter aux heures de canicule.

L'étude de l'activité des ouvrières hors du nid montre d'ailleurs qu'elle est toujours sous la dépendance de la température, et d'une façon extrêmement stricte pour quelques espèces.

5° *Conclusion.*

Les fourmis, malgré la faible perméabilité de leur tégument, sont constamment menacées de déshydratation. Des biotopes très arides, elles n'occupent que les parties où le sol conserve toute l'année un peu d'humidité.

Leur bonne résistance à la chaleur est insuffisante pour leur permettre d'affronter les températures qui règnent au sol en saison chaude.

Si elles sont aussi répandues au Sahara, c'est parce qu'elles arrivent à se soutraire aux rigueurs du climat en passant la plus grande partie de leur vie dans le nid. Elles ne font que des sorties assez brèves, et lorsque les conditions externes ne sont pas trop dures.

Résumé.

Etude de la perméabilité du tégument de 12 fourmis du Sahara comparées à 5 fourmis de France. Toutes transpirent dès que l'atmosphère n'est pas saturée d'humidité, mais les fourmis du Sahara perdent beaucoup moins d'eau que les espèces d'Europe placées dans les mêmes conditions.

Etude du comportement vis-à-vis de la température. Il y a peu de différences entre les espèces d'un même genre, mais de provenances différentes. Les températures léthales supérieures des fourmis les plus résistantes sont beaucoup plus basses que les températures qui règnent au sol au printemps et en été.

Summary.

A study of the integument permeability of 12 ants from the Sahara, compared with 5 ants from France. All of them transpire as soon as the atmosphere is no longer saturated with moisture, but the saharian ants loose much less water than the european species subjected to the same conditions.

A study of the reactions to heat. There is little difference between species of a same genus, but of varied origins. The upper lethal temperatures of the most resisting ants are much lower than the temperatures that are reached on ground level in spring and summer.

BIBLIOGRAPHIE

Barton-Browne (L. B.), 1964. — Water regulation in Insects. *Ann. Rev. Entomol. U. S. A.*, **9**, p. 63-82.

Beament (J. W. L.), 1958. — The effect of temperature on the waterproofing mechanism of an insect. *J. Exp. Biol.*, **35**, n° 3, p. 494-519. — 1961. The water relations of insects cuticle. *Biol. Review.*, **36**, p. 281-301.

Buxton (P. A.), 1931. — The law governing the loss of water from an insect. *Proc. Ent. Soc.*, **6**, p. 27-31.

Chapman (R. N.), Mickel, Parker, Miller et Kelley, 1926. — Studies in the ecology of the sand dunes insects. *Ecology*, **7**, n° 4, p. 416-427.

Délye (G.), 1965. — Anatomie et fonctionnement des stigmates de quelques Fourmis *(Hym. Formicidæ). Insectes sociaux.*, **12**, n° 3, p. 285-290. — 1967. Ecologie des Fourmis du Sahara nord-occidental. *C. R. 5e Congrès U. I. E. I. S.*

Edney (E. B.), 1957. — *The water relations of the terrestrial arthropods.* 1 vol., 109 p. Cambridge University press.

Fraenkel (G.) et Blewett (M.), 1944. — The utilisation of metabolic water in insects. *Bull. Ent. Research.*, 3**5**, p. 127-139.

Hall (F. G.), 1922. — The vital limit of exsiccation of certain animals. *Biol. Bull.*, **42**, p. 31-51.

Mead-Briggs (A. R.), 1956. — The effect of temperature upon the permeability to water of arthropods cuticle. *J. Exp. Biol.*, **33**, n° 4, p. 737-749.

Nell (J. J. C.), 1965. — Influence of the temperature and relative humidity on water loss in the workers of the meat ant : *Iridomyrmex detectus* Smith. *Austral. J. Zool.*, **13**, n° 2, p. 301-315.

Rockstein (M.), 1964. — *The Physiology of Insecta.* 3 vol., 640, 905 et 692 p. Academic press. New-York, London.

Wigglesworth (V. B.), 1945. — Transpiration through the cuticle of insects. *J. Exp. Biol.*, **21**, p. 97-114.

PRINTED IN FRANCE